



**Europäisches Patentamt**  
**European Patent Office**  
**Office européen des brevets**

⑪ Numéro de publication:

**0 206 963**  
**B1**

⑫

## **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:  
**27.12.89**

⑥① Int. Cl.⁴: **H 05 B 6/02, H 05 B 6/36**

②① Numéro de dépôt: **86440042.9**

②② Date de dépôt: **02.06.86**

⑤④ **Inducteur à entrefer variable de réchauffage inductif de rives d'un produit métallurgique.**

③⑩ Priorité: **07.06.85 FR 8508684**

④③ Date de publication de la demande:  
**30.12.86 Bulletin 86/52**

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:  
**27.12.89 Bulletin 89/52**

⑧④ Etats contractants désignés:  
**AT BE DE GB IT LU NL SE**

⑤⑥ Documents cités:  
**EP-A-0 038 655**  
**FR-A-1 402 457**  
**FR-A-2 466 306**  
**FR-A-2 555 353**  
**US-A-1 996 502**  
**US-A-2 010 622**  
**US-A-3 692 969**

⑦③ Titulaire: **INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID), Voie Romaine B.P. 64, F-57210 Maizières- lès- Metz (FR)**

⑦② Inventeur: **Georges, Philippe, 1, rue Paul Cézanne, F-57100 - Terville (FR)**

⑦④ Mandataire: **Ventavoli, Roger, INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID) Station d'Essais Boîte Postale 64, F-57210 Maizières- lès- Metz (FR)**

**EP 0 206 963 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

Inducteur à entrefer variable de réchauffage inductif de rives d'un produit métallurgique.

L'invention concerne le réchauffage inductif des rives d'un produit métallurgique, et notamment des rives d'ébauches de produit plat sur un train à bande.

Après sa sortie du train dégrossisseur et avant de s'engager dans le train finisseur, l'ébauche séjourne environ 1 min à 1 min 30 sur la table d'attente. Ses dimensions moyennes sont alors couramment de 30 à 50 mm d'épaisseur, 1 à 2 m de largeur et jusqu'à 70 m de longueur.

En plus d'un refroidissement global important (de l'ordre de 100°C), on observe un refroidissement préférentiel des rives dû à une plus grande surface d'échange à ces endroits (effet d'ailette).

On s'aperçoit que la zone "affectée" par le refroidissement localisé peut s'étendre sur une distance de plus de 70 mm à partir d'un bord et que l'écart de température moyenne sur l'épaisseur atteint environ 75°C sur cette distance, la température moyenne restant à peu près constante au delà et jusqu'à 70 mm de l'autre bord.

Ce refroidissement localisé induit trois inconvénients majeurs:

- pour maintenir une température minimale en tout point de la bande au train finisseur (température de fin de laminage), il convient de surchauffer la brame au four de réchauffage.

- un profil thermique hétérogène en fin de laminage conduit à des caractéristiques métallurgiques non homogènes sur la largeur de bande.

- les rives froides entraînent une usure plus marquée des cylindres du train finisseur et ce phénomène implique des contraintes d'ordonnement dans la mise en fabrication des bandes (cône de laminage). Cette règle est une des limites à la progression de l'enfournement chaud.

Des problèmes analogues se posent pour le laminage des tôles fortes.

La mise en place d'un tunnel sur la table d'attente pourrait atténuer le gradient de température en rive en freinant le refroidissement global de l'ébauche. De plus, l'adjonction de brûleurs réchauffant préférentiellement les bords diminuerait de façon plus marquée le gradient thermique en rive. Cependant, ce chauffage par flamme ne permet pas de répartir un profil de puissance adapté au problème.

Il a déjà été proposé, pour effacer les hétérogénéités des rives, un réchauffage localisé par induction, avec des inducteurs à culasse magnétique en forme de "U" disposés sur et sous les rives d'ébauche: le produit défile dans l'entrefer constitué entre deux inducteurs superposés dont les pôles magnétiques de polarité contraire se font face.

On connaît, dans des applications similaires, des inducteurs à culasse magnétique en forme

de "C" dans l'ouverture duquel passe le produit à chauffer (rives de bandes ou fils et barres), les extrémités de la culasse se faisant face et servant avantageusement de support aux enroulements du conducteur de courant électrique d'excitation de manière à constituer des pôles magnétiques bobinés de polarités opposées: FR-A-2 489 645 - (EDF); FR-A-2 555 353 - (CEM) ou EP-A-0 170 556 - (EDF).

Le but de l'invention est de proposer un nouveau dispositif de réchauffage inductif plus performant que le dispositif connu.

L'invention a pour objet un inducteur destiné à un dispositif de réchauffage inductif des rives d'un produit métallurgique en défilement, et présentant une culasse magnétique en forme de "C", à pôles bobinés se faisant face, caractérisé en ce que ladite culasse est formée de deux branches (2, 3) réunies par une articulation autour d'un axe de rotation (8), chaque branche étant formée par un feuilleté (2a, 3a) de tôles ferromagnétiques portant deux flasques latéraux (2b, 3b) dans lesquels sont logés deux pivots (8a, 8b) de part et d'autre des feuilletés et alignés sur l'axe (8), en ce que un jeu fonctionnel de forme demi-cylindrique (10) et ménagé entre les deux branches, et en ce que des moyens (13, 14) sont prévus pour régler l'écartement des branches.

On sait que l'entrefer, correspondant schématiquement à la distance parcourue "hors culasse" par le champ magnétique en supposant que celui-ci suit le chemin privilégié qui lui impose la culasse, est le facteur essentiel du rendement électrique de l'inducteur. C'est pourquoi on cherche à minimiser ce paramètre.

Or, si on se fixe des contraintes mécaniques identiques pour le dispositif de réchauffage connu et le dispositif de l'invention, c'est à dire une même distance ébauche-pôle magnétique, avec une isolation thermique identique des pôles, il est clair que l'entrefer entre les deux paires de pôles de l'inducteur en "U" est deux fois plus important que l'entrefer entre les deux pôles de l'inducteur en "C" conforme à l'invention. Le rendement de celui-ci est donc meilleur. A titre d'exemple, les rendements ont été établis expérimentalement pour les deux dispositifs, dans des conditions identiques (ébauche de 40 mm d'épaisseur, isolation thermique de 15 mm, distance produit-isolation de 15 mm): le rendement est de 60 % pour l'inducteur en "C", et d'environ 50 % pour l'inducteur en "U".

De plus, pour les inducteurs en "U", l'induction se répartit sur la paire de pôles. Pour un même nombre d'ampèrestours de bobines, l'induction est donc moins concentrée et le profil de puissance induite plus diffus qu'avec les inducteurs en "C" conformes à l'invention.

Grâce à la possibilité qu'ils offrent de pouvoir modifier leur entrefer, les inducteurs de l'invention peuvent s'adapter aux conformations prises par la bande métallique en défilement à réchauffer en rives, de mieux que s'escamoter rapidement, le cas échéant, lors du passage de la tête de bande, ou de la queue, généralement incurvées,

par simple basculement, vers l'arrière, de la branche supérieure de la culasse.

A cet effet, des moyens de réglage du degré d'ouverture des branches sont prévus, tel qu'un vérin, asservi à un ensemble de capteurs de détection et de position du produit métallurgique. En outre, la conception même de l'articulation, selon l'invention, favorise un rendement électrique élevé de l'inducteur, tout en bénéficiant d'une technologie simple, puisqu'il n'y a pas d'arbre de rotation traversant le feuilleté de la culasse (et qui, autrement, devrait être pourvu de moyens de refroidissement). On souligne, au besoin, que le faible jeu fonctionnel de forme semi-cylindrique entre les branches au niveau de l'articulation a un double rôle: ne pas créer artificiellement des entrefers supplémentaires, en même temps que d'assurer un guidage des lignes de champ magnétique dans la culasse, malgré les déformations de la géométrie de celle-ci occasionnées lors des pivotements.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description ci-après, faisant référence aux dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 représente en perspective schématique un mode de réalisation d'inducteur en "C" articulé, selon l'invention,
- la figure 2 représente en perspective une implantation d'inducteurs en "C" articulé dans une installation de réchauffage des rives d'ébauches de bandes d'acier,
- la figure 3 représente schématiquement en vue latérale un dispositif d'actionnement de l'inducteur en "C" articulé, permettant de régler le degré d'ouverture de l'entrefer,
- la figure 4 est une section IV-IV de l'inducteur de la figure 3,
- les figures 5A et 5B sont deux vues schématiques montrant les étapes de mise en place des inducteurs en "C" articulé,

L'inducteur 1 est constitué d'une culasse 2, 3 (ou noyau) en tôle ferromagnétique feuilletée, conformée en "C", et, dont les extrémités, formant les pôles magnétiques, se font face et servent de support pour les enroulements électriques 4 et 5 placés en vis à vis, bobinés dans le même sens et alimentés en courant alternatif sous une fréquence de plusieurs centaines de Hz. Un produit métallurgique en bande 6 défile dans le sens de la flèche 7 dans l'entrefer de l'inducteur 1 (espace séparant les deux pôles du C). Les rives de la bande 6 sont réchauffées par les courants de Foucault qui s'y développent. Une protection thermique 23, telle qu'un bouclier 23 en matière réfractaire, est de préférence prévue (fig. 3) pour protéger les pôles du rayonnement du produit 6.

La culasse magnétique est constituée de deux branches 2 et 3 articulées autour d'un axe 8 situé sensiblement au milieu du corps du "C".

Comme on le voit clairement sur la fig. 4 les feuilletés 2a et 3a des branches supérieure 2 et inférieure 3 sont serrés entre des flasques rapportés 2b et 3b dans lesquels est réalisée l'articulation: deux demi-arbres -ou pivots- 8a, 8b, qui ne traversent pas le feuilleté, mais alignés sur l'axe 8 de part et d'autre du feuilleté, sont frettés dans les flasques 3b formant une chappe. Les demi-arbres 8a, 8b portent des roulements 9 dont la cage extérieure est frettée dans les flasques 2b de la branche supérieure 2 et qui viennent à califourchon sur les flasques 3b de la branche inférieure 3 au niveau de l'articulation.

Dans l'exemple représenté sur les figures, les flasques recouvrent latéralement l'intégralité de la culasse. Cela n'est pas indispensable. L'essentiel est que ces flasques soient prévus au moins à l'endroit de l'articulation.

Les feuilletés 2a, 3a sont conformés en portion cylindrique d'axe 8 à leur extrémité articulée, de manière à ne laisser entre-eux qu'un simple jeu fonctionnel 10 (environ 1 mm) entraînant un flux de fuites magnétiques le plus réduit possible, quelque soit la configuration géométrique de l'inducteur. La demi-branche inférieure 3 est supportée par un bras 11, lui-même relié à un longeron 12 commun à une rangée d'inducteurs (cf. fig. 2) implantés, par exemple, en amont d'un train finisseur 19. Un vérin double-effet 13 articulé, d'une part, sur le bras 11, d'autre part, sur la demi-branche supérieure 2, a ses chambres de pression reliées à un actionneur 14 asservi à un ensemble de capteurs 15 de position du produit métallurgique 6. Les capteurs 15 commandent également, au moyen de vérins non représentés, le déplacement latéral des longerons 12 dans le sens de l'une ou l'autre des flèches 16 (fig. 2).

Par la combinaison des mouvements de guidage latéral et de pivotement vertical des inducteurs en "C", il est possible de résoudre les problèmes d'engagement ou de désengagement du produit métallurgique en bande 6, ainsi que les problèmes liés aux variations de position du produit dans l'entrefer en cours de défilement.

Les figures 5A et 5B montrent les étapes de mise en place des inducteurs. Les inducteurs 1 sont en position écartée, et ouverte, de manière à laisser complètement le passage à la bande 6, et notamment à la tête de bande qui peut être recourbée vers le haut et ne pourrait donc pas passer normalement dans l'entrefer des inducteurs en position de travail. Quand le produit 6 est en place, les vérins commandant le déplacement des longerons 12 sont actionnés de manière à rapprocher les inducteurs 1, dans le sens des flèches 17 (fig. 5A), du produit 6. Ensuite, les demi-branches supérieures 2, actionnées par les vérins 14, basculent dans le sens des flèches 18 (fig. 5B) de manière à "fermer" l'inducteur, jusqu'à atteindre l'entrefer désiré en fonction de la nature et de la géométrie du produit métallurgique 6.

En cours de défilement, les éventuelles déviations latérales du produit 6 peuvent être prises en compte par un déplacement latéral conséquent des inducteurs 1.

En fin de défilement, là où la queue de bande incurvée pourrait endommager les inducteurs 1, on procède à l'escamotage de la branche supérieure par basculement vers l'arrière à l'aide des vérins 13.

Le guidage latéral des inducteurs permet aussi d'adapter le dispositif de réchauffage à différentes largeurs de produit métallurgique.

Toutefois, contrairement à l'articulation de la culasse, le guidage latéral des inducteurs représente une forme de réalisation, certes avantageuse, mais nullement impérative, si, par exemple c'est toujours le même produit ou type de produit qui défile dans l'entrefer et que son défilement est bien maîtrisé. De même, la localisation de l'articulation peut, bien entendu, être choisie sur le corps du "C" ailleurs qu'en son milieu.

#### Revendications

1. Inducteur destiné à un dispositif de réchauffage inductif des rives d'un produit métallurgique en défilement, et présentant une culasse magnétique en forme de "C", à pôles bobinés se faisant face, *caractérisé* en ce que ladite culasse est formée de deux branches (2, 3) réunies par une articulation autour d'un axe de rotation (8), chaque branche étant formée par un feuilleté (2a, 3a) de tôles ferromagnétiques portant deux flasques latéraux (2b, 3b) dans lesquels sont logés deux pivots (8a, 8b) de part et d'autre des feuilletés et alignés sur l'axe (8), en ce que un jeu fonctionnel de forme demi-cylindrique (10) et ménagé entre les deux branches, et en ce que des moyens (13, 14) sont prévus pour régler l'écartement des branches.

2. Inducteur selon la revendication 1, *caractérisé* en ce que lesdits moyens de réglage comprennent un vérin double effet (13).

3. Inducteur selon la revendication 1 ou 2 *caractérisé* en ce que lesdits moyens de réglage exercent leur effet sur la branche supérieure (2) de la culasse.

4. Inducteur selon la revendication 1 et 2, *caractérisé* en ce que ses pôles sont dotés d'une protection thermique (23).

5. Inducteur selon la revendication 1 *caractérisé* en ce que des moyens (13, 14) de réglage du degré d'écartement des branches articulées (2, 3) sont prévus, asservis à des capteurs (15) de position du produit métallurgique (6).

#### Patentansprüche

1. Induktor, der für eine Einrichtung zur induktiven Erwärmung der Walzkanten eines kontinuierlich durchlaufenden metallurgischen Produktes bestimmt ist und ein Magnetjoch in Form eines "C" mit einander zugewandten Polspulen auf-

weist, *dadurch gekennzeichnet*, daß das genannte Magnetjoch aus zwei Schenkeln bzw. Zweigen (2, 3) besteht, die mittels einer Gelenkverbindung um eine Rotationsachse (8) herum miteinander verbunden sind, wobei jeder Schenkel aus Schichten bzw. Schichtstapel (2a, 3a) aus ferromagnetischen Blechen besteht, die zwei seitliche Flansche (2b, 3b) tragen, in denen zwei Drehzapfen (8a, 8b) beiderseits der Schichten (2a, 3a) untergebracht und auf der Achse (8) ausgerichtet sind, daß ein halbzyklischer Funktionsfreiraum (10), zwischen den beiden Schenkeln ausgebildet ist und daß Einrichtungen (13, 14) zur Einstellung des Abstandes zwischen den Schenkeln vorgesehen sind.

2. Induktor nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß die genannten Einstellungseinrichtungen einen doppeltwirkenden Zylinder (13) umfassen.

3. Induktor nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, daß die genannten Einstellungseinrichtungen ihre Wirkung auf die oberen Schenkel (2) des Magnetjoches ausüben.

4. Induktor nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, daß seine Pole mit einem Wärmeschutz (23) versehen sind.

5. Induktor nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß Einrichtungen (13, 14) zur Einstellung des Abstandes zwischen den aneinander angelenkten Schenkeln (2, 3) vorgesehen sind, die der Wirkung von Sensoren (15) für die Position des metallurgischen Produktes (6) unterworfen sind.

#### Claims

1. An inductor intended for a device for inductively heating the edges of a moving metallurgical product and exhibiting a magnetic yoke in the form of a "C" with coiled poles arranged opposite one another, *characterised in that* said yoke is formed by two branches (2, 3) connected by an articulation about a rotation axle (8), each branch being formed by a laminated arrangement (2a, 3a) of ferromagnetic metal sheets having two lateral flanges (2b, 3b) in which are arranged two pivots (8a, 8b) on both sides of the laminated arrangements and aligned with the axle (8), and in that a functional clearance of semi-cylindrical formation (10) is arranged between the two branches, and in that means (13, 14) are provided for regulating the distance between the branches.

2. An inductor as claimed in claim 1, *characterised in that* said regulating means comprise a double acting jack (13).

3. An inductor as claimed in claim 1 or claim 2, *characterised in that* said regulating means act

upon the upper branch (2) of the yoke.

4. An inductor as claimed in claim 1 and claim 2, *characterised* in that its poles are provided with thermal protection means (23). 5

5. An inductor as claimed in claim 1, *characterised* in that means (13, 14) for regulating the distance between the articulated branches (2, 3) are provided, which are controlled by position sensors (15) for the metallurgic product (6). 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

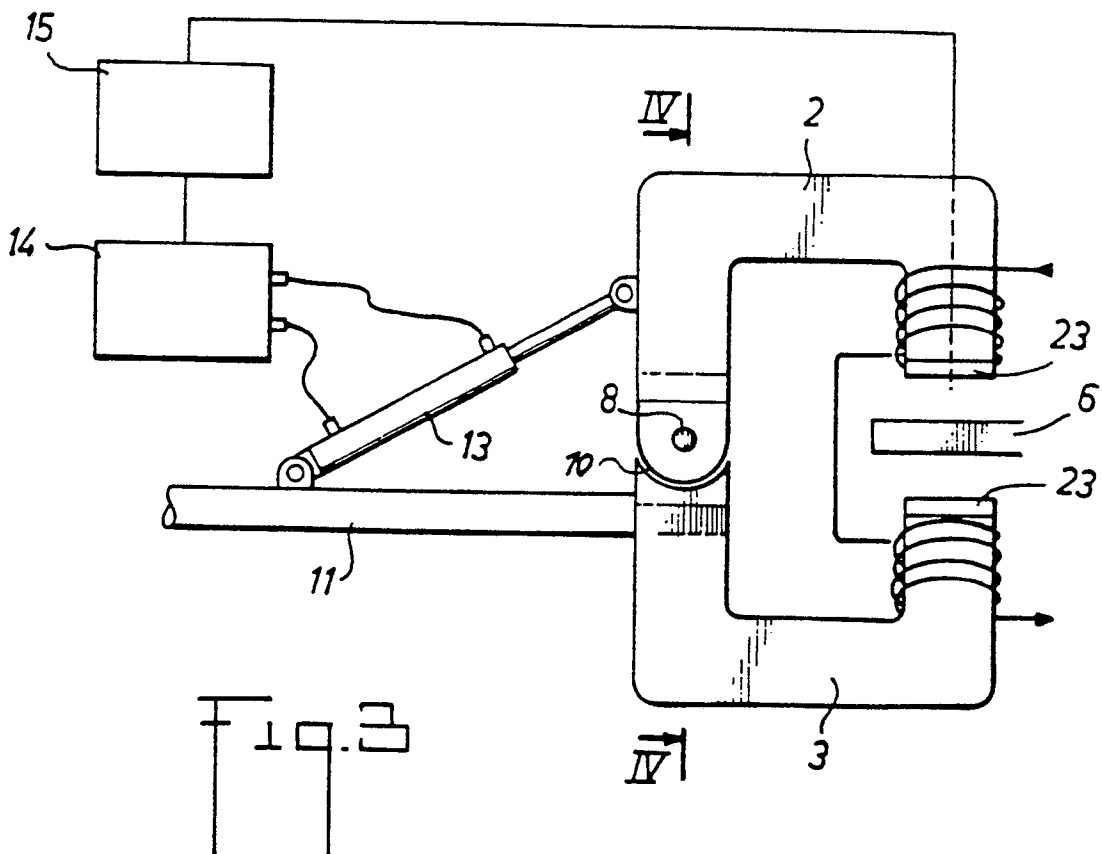
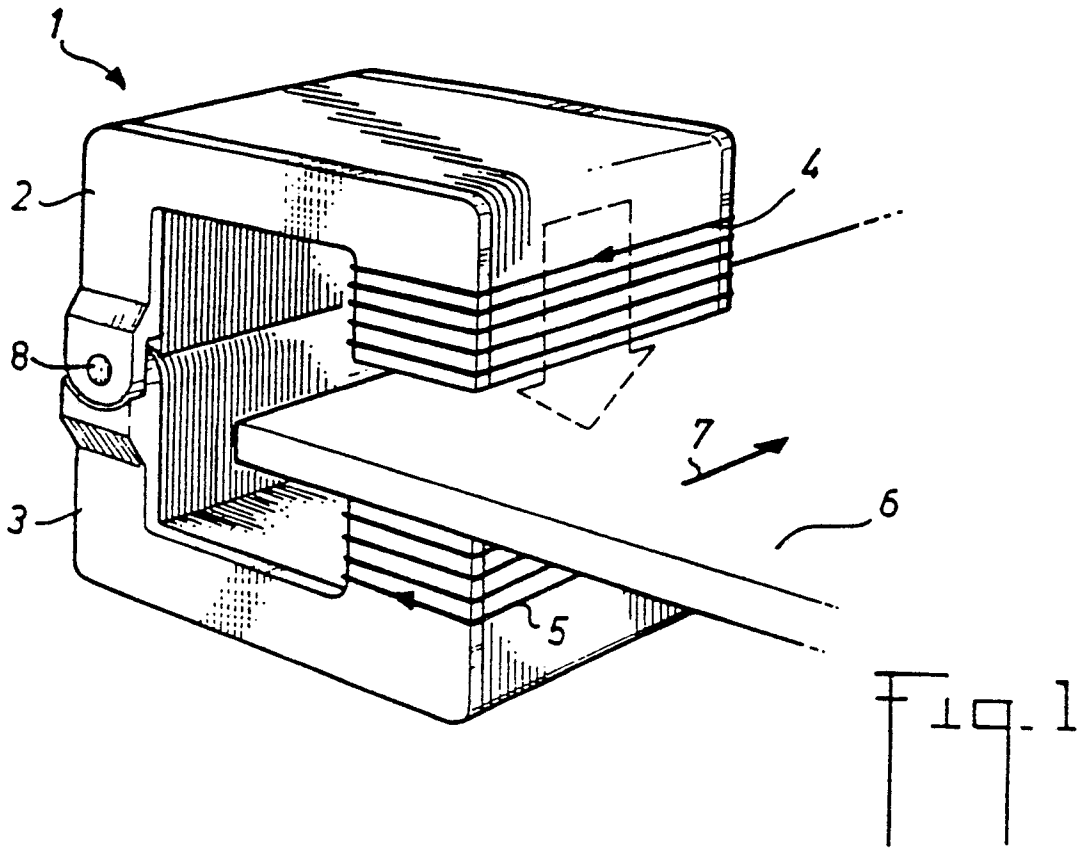
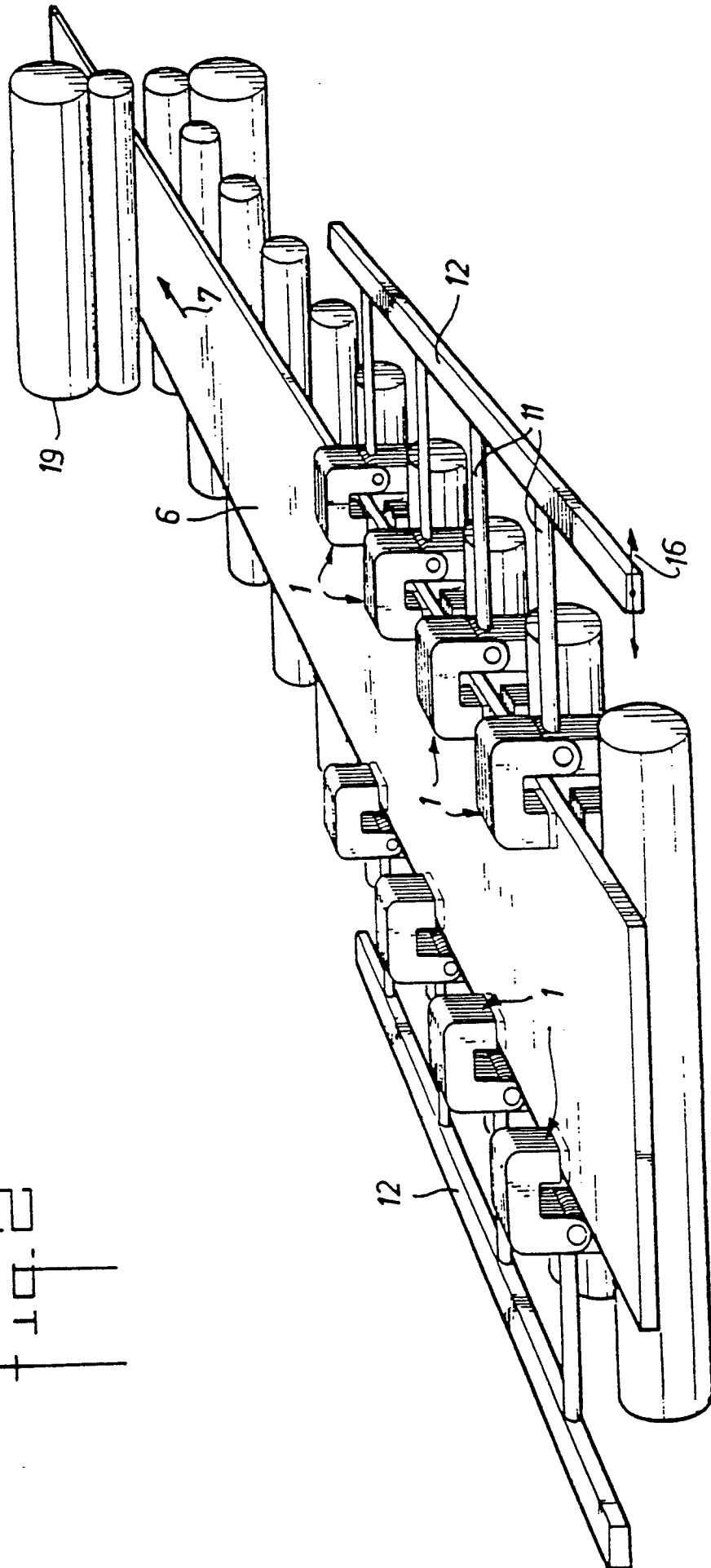


Fig. 2



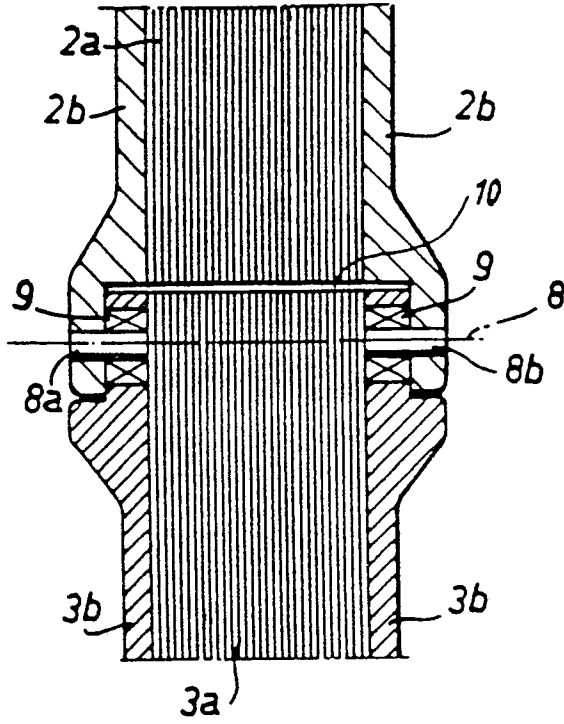


Fig. 4

Fig. 5A

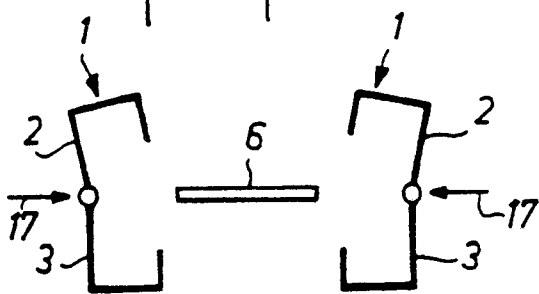


Fig. 5B

